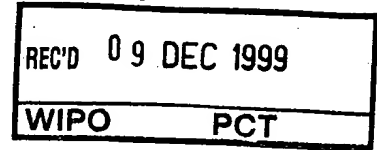




**Bescheinigung**



Das Betriebsforschungsinstitut VDEh-Institut für angewandte Forschung GmbH in  
Düsseldorf/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Oberflächenmeßsystem für Flachprodukte"

am 14. September 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol  
G 01 B 11/30 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 16. November 1999

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Weihmayr

Aktenzeichen: 198 42 138.9

14. Sept. 1998  
42 770 K

Betriebsforschungsinstitut VDEh-Institut für angewandte  
=====

Forschung GmbH, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf

=====

Zusammenfassung:

Vorrichtung zum Erzeugen eines Musters auf einer Meßoberfläche mit Hilfe eines Projektors und eines Dias und verschiedenen vorteilhaften Ausgestaltungen des Meßsystems.

14.05.1999

"Oberflächenmeßsystem für Flachprodukte"

Die Erfindung betrifft ein Oberflächenmeßsystem für Flachprodukte, insbesondere für Metallband oder Schüttgut.

Für das Oberflächenmessen von Flachprodukten sind verschiedene Verfahren bekannt. Neben dem verbreiteten Kontaktmessen, bei dem mehrere Kontaktmeßelemente die zu vermessende Oberfläche abfahren ist insbesondere im Metallbandbereich das berührungslose Messen vorteilhaft.

Hierzu ist es bekannt, optische Meßpunkte auf der Bandoberfläche zu erzeugen, deren Ortsveränderung über geeignete Sensoren zu erfassen und mit Hilfe eines Triangulationsverfahrens in Ortsveränderungen auf der Bandoberfläche umzurechnen. Die Veränderung der Ortskoordinaten des Oberflächenpunktes ergibt sich dabei aus dem Einfallswinkel des Lichtstrahls und der Position des Sensors in Verbindung mit der Ortsveränderung des Abbildungspunktes.

Über eine Mehrzahl von Lichtpunkten lassen sich Aussagen über einen größeren Bereich des Flachproduktes treffen. Zum Messen von Flächen sind jedoch Verfahren, die mit Meßlinien arbeiten besser geeignet. So wird beispielsweise der Moiré-Effekt ausgenutzt, um ein Interferenzmuster auf der Oberfläche des Flachproduktes abzubilden und aus diesem die Oberflächengeometrie quantitativ zu ermitteln.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift 197 09 992 ist ein Verfahren zum Messen der Oberflächengeometrie eines Metallbandes bekannt, bei dem Mittels einer Lichtquelle eine Vielzahl von Linien durch Projektion beispielsweise mit Hilfe eines Liniendias auf der Bandoberfläche erzeugt wird.

Hierzu ist oberhalb des Bandes ein Projektor angeordnet, der auf die zu messende Bandoberfläche ausgerichtet ist. Zwischen dem Projektor und der zu messenden Bandoberfläche ist ein Dia vorgesehen, durch welches ein Streifenmuster auf der Bandoberfläche abgebildet wird. Bandunebenheiten bewirken eine Veränderung der auf die Bandoberfläche projizierten Linien. Mit einer in Bandlaufrichtung hinter dem Projektor angeordneten Meßvorrichtung, beispielsweise einer CCD-Kamera lassen sich die Änderungen der Meßlinien auf der Bandoberfläche erfassen.

Zur Eichung des Systems wird das Linienmuster auf eine Referenzebene projiziert. Hierzu wird ein sogenannter Einmeßtisch verwendet. Die von der Kamera erfaßten Bilder der Referenzebene und des zu messenden Bandes werden nach dem sogenannten Phase-Shift-Verfahren ausgewertet und verglichen. Mit diesem Verfahren wird aus dem Kamerabild ein Fadenbild erzeugt. Jeder Bildpunkt der Kamera liefert einen bestimmten Helligkeitswert. In Querrichtung zum Linienmuster liegt ein periodischer Helligkeitsverlauf vor. Bei dem Face-Shift-Verfahren wird jedem Bildpunkt ein Phasenwinkel der Periode zugeordnet. Die Werte, die man mit Hilfe des Einmeßtisches erhält, dienen nun als Referenzphasenbild. Mit Hilfe des

11.25.1.99

- 3 -

Referenzphasenbildes lassen sich die tatsächlichen Höhendifferenzen am Meßobjekt ermitteln. Mit Hilfe eines Keils wird das Meßsystem in Längsrichtung kalibriert.

Mit diesem Meßsystem lassen sich zwar auf einfache Weise hochwertige Meßergebnisse erzielen, doch ist das System insbesondere in seiner Variabilität begrenzt und bezüglich der Meßempfindlichkeit verbesserungsfähig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Oberflächenmeßsystem zu schaffen, daß für verschiedenartige Flachprodukte geeignet ist und hochwertige Meßergebnisse liefert. Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, daß in der deutschen Offenlegungsschrift 197 09 992 beschriebene Meßverfahren bezüglich seiner möglichen Einsatzbereiche und seiner Auflösung weiterzubilden.

Das Problem der Erfindung wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

Bei dem bevorzugten Gesamtsystem kommen sämtliche unabhängigen Aspekte der Erfindung zum tragen. Dieses Gesamtsystem besteht aus einer Meßanordnung für Flachkörper, bei der Kamera und Projektor auf einer Seite des Bandes in unterschiedlicher Höhe angeordnet sind. Dadurch ist eine platzsparende Anordnung gegeben, die den örtlichen Einsatzbereich des Meßsystems erheblich erweitert, da in vielen Anwendungsfällen nicht ausreichend Platz oberhalb des Flachkörpers zur Verfügung steht.

14 25.1.99

- 4 -

Zwischen Projektor und Flachkörper ist ein Dia angeordnet, welches die elektronische Erzeugung eines Linienmusters beispielsweise über Flüssigkristallanzeige zuläßt. Über eine entsprechende Steuerung oder die Computeranlage des Meßsystems lassen sich so die für den Einzelfall optimalen Projektionsmuster einstellen. Dies erlaubt beispielsweise eine den Bedürfnissen angepaßte Kombination der Parameterauflösung, Helligkeit und anderer Eigenschaften des projizierten Musters. So wird vermieden, für jeden einzelnen Meßfall ein gesondertes Dia einzusetzen und insbesondere zunächst ein Dia mit der gewünschten Zusammenstellung von Projektionseigenschaften anfertigen lassen zu müssen. Dadurch verringert sich der Kosten- und Zeitaufwand für die einzelnen Anwendungen. Das erfindungsgemäße System ist somit wesentlich flexibler für verschiedene Einsatzbereiche, insbesondere verschiedene Oberflächen.

Darüber hinaus weist diese bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Meßsystems eine geregelte Aussteuerung der Kamera und Beleuchtungsparameter auf. Blende, Belichtungszeit und Helligkeit des Projektors werden automatisch so geregelt, daß sämtliche Bildpunkte des Meßbereiches die gewünschte Aussteuerung aufweisen. Dies ist besonders vorteilhaft, bei der Verwendung des erfindungsgemäßen Meßsystems mit Kaltband. Hier können sich die Eigenschaften beispielsweise durch Reflexion an der Bandoberfläche während der Messung ständig ändern und somit die Meßsignale verfälschen.

Die Leistungsfähigkeit des Meßsystems wird ferner dadurch erhöht, daß die Meßkamera ein nichtlineare Empfindlichkeit aufweist. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die sich ändernden Reflexionseigenschaften beispielsweise eines Kaltbandes über die Aussteuerung mit Zeit- und Blendenanpassung nicht mehr kompensiert werden können. Durch die nichtlineare Empfindlichkeit wird ähnlich wie beim menschlichen Auge ein erhebliches Helligkeitsspektrum abgedeckt, so daß sämtliche Meßsituationen akkurat erfaßt werden können.

Zur weiteren Verbesserung der Qualität der Meßergebnisse lassen sich die Signale im Zeit- und Ortsbereich filtern. Insbesondere bei der Messung von Metallband in der Walzstraße können sich die Meßwerte durch eine parallele Verschiebung des Bandes in Bezug auf die Referenzebene sowie durch nicht parallele Bandbewegung oder durch Biegung ändern. Die parallele Verschiebung des Bandes wird bereits durch die Verwendung des Linienmusters weitgehend kompensiert. Die nicht parallele Bandbewegung oder Biegung des Bandes läßt sich durch Filterung im Zeit- und Ortsbereich von den Oberflächenänderungen durch Bandunebenheit differenzieren, da sich die Frequenzen und Wellenlängen der jeweiligen Bewegungsanteile unterscheiden. Diese Bandbewegung unterscheidet sich bzgl. der Wellenlänge im Ortsbereich und der Schwingungsfrequenzen im Zeitbereich. Darüber hinaus ergibt diese Bandbewegung sogenannte abwickelbare (rechnerisch straffbare) Fläche, während die Planheit auf dem nicht abwickelbaren Anteil beruht. Auf dieser Grundlage läßt sich mit der beschriebenen Filterung ein Meßsignal dar-

stellen, welches ausschließlich eine Aussage über die Bandunebenheit enthält.

Das Einmessen und die Plausibilitätskontrolle bezüglich der Meßwerte erfolgt bei dem bevorzugten System ohne den üblichen Meßtisch, in dem beliebige Fixpunkte der Anlage verwendet werden, um eine rechnerische Referenzebene zu erzeugen. Mit dieser Referenzebene läßt sich das System sowohl bezüglich der Höhendifferenzen als auch bezüglich der Längskalibrierung einstellen. Dies vermeidet die Verwendung des unhandlichen und schweren Meßtisches, verringert den erforderlichen Meßraum und vermeidet Schwierigkeiten, den Meßtisch in die für das Einmessen erforderliche Position zu bringen. Darüber hinaus wird eine Verfälschung des Meßsignals durch Unebenheiten des Meßtisches, die in der Regel zwischen +0,5 und -0,5 mm liegen, vermieden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels des näheren erläutert.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Schaubild der geregelten Aussteuerung des Meßsystems;

Fig. 2 eine Darstellung der Anordnung von Projektor und Kamera;

Fig. 3 eine Höhenverteilung im gesamten Meßfeld in Falschfarbendarstellung.



M 28.1.99

- 7 -

Die in Fig. 1 gezeigte geregelte Aussteuerung des Gesamtsystems gibt den herkömmlichen Aufbau oberhalb der gestrichelten Linie wieder, während die erfindungsgemäße Regelung unterhalb der gestrichelten Linie erkennbar ist. Die Auswertung der von der CCD-Kamera gelieferten Graustufen wird zur Regelung der Blende und Belichtungszeit der Kamera sowie zur Beleuchtungsstärke des Projektors eingesetzt.

In Fig. 2 ist die Anordnung von Projektor und Kamera erkennbar, die gegenüber herkömmlichen Systemen einen wesentlich geringeren Raum oberhalb des Bandes einnimmt. Dabei können Kamera und Projektor übereinander oberhalb des Bandes oder übereinander neben dem Band angeordnet sein. Ebenso können Kamera und Projektor nebeneinander an einer Bandseite oder oberhalb des Bandes angeordnet sein.

Die in Fig. 3 gezeigte Falschfarbendarstellung der Höhenverteilung der Bandoberfläche gibt die Vorteile des erfindungsgemäßen Systems, insbesondere bei der Ermittlung der Bandform in der Meßebe (Breite und Säbel) sowie der Form der Bandspitze (Ski) wieder.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Messen der Geometrie von Flachprodukten durch Erzeugung eines Musters auf der Meßoberfläche mit einer Lichtquelle und einer Meßkamera, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Muster auf der Meßoberfläche mit Hilfe eines Dias erzeugt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Muster elektrisch erzeugt wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Muster mit Hilfe einer Flüssigkristallanzeige erzeugt wird.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Projektorbeleuchtung über die Auswertung der von der Kamera ermittelten Graustufen geregelt wird.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Belichtungszeit und/oder Blende der Kamera über die Auswertung der Graustufen des von der Kamera ermittelten Oberflächenbildes geregelt wird.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Kamera mit nicht linearer Empfindlichkeit verwendet wird.

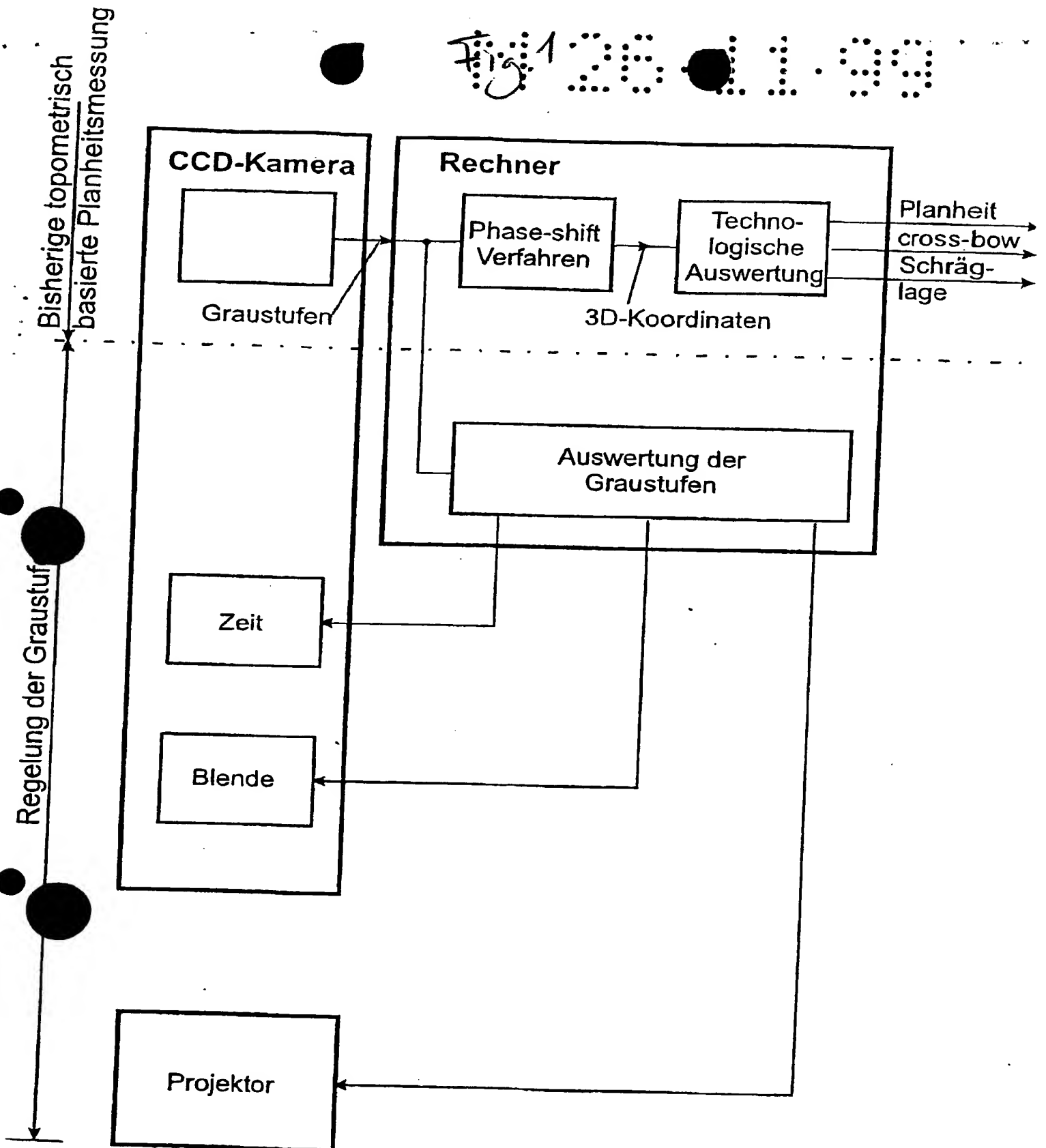
14.28.1.99

- 9 -

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß Projektor und Kamera auf der gleichen Seite seitlich neben dem Meßobjekt angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß Projektor und Kamera nebeneinander oder übereinander über dem Meßobjekt angeordnet sind.
9. Verfahren zum Messen der Oberflächengeometrie mit einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Filterung der nicht parallelen Bewegungsanteile des Meßobjektes erfolgt.
10. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, daß die abwickelbaren Flächen gefiltert werden.
11. Vorrichtung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß unerwünschte Bewegungsanteile der Meßoberfläche durch die Wellenlänge im Ortsbereich gefiltert werden.
12. Vorrichtung nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß unerwünschte Anteile durch Filterung der Frequenzen im Zeitbereich eliminiert werden.

KG gr

Fig. 1.28.1.99



**Zu Punkt 2 : Geregeltere Aussteuerung des Gesamtsystemes**

M 26.11.99

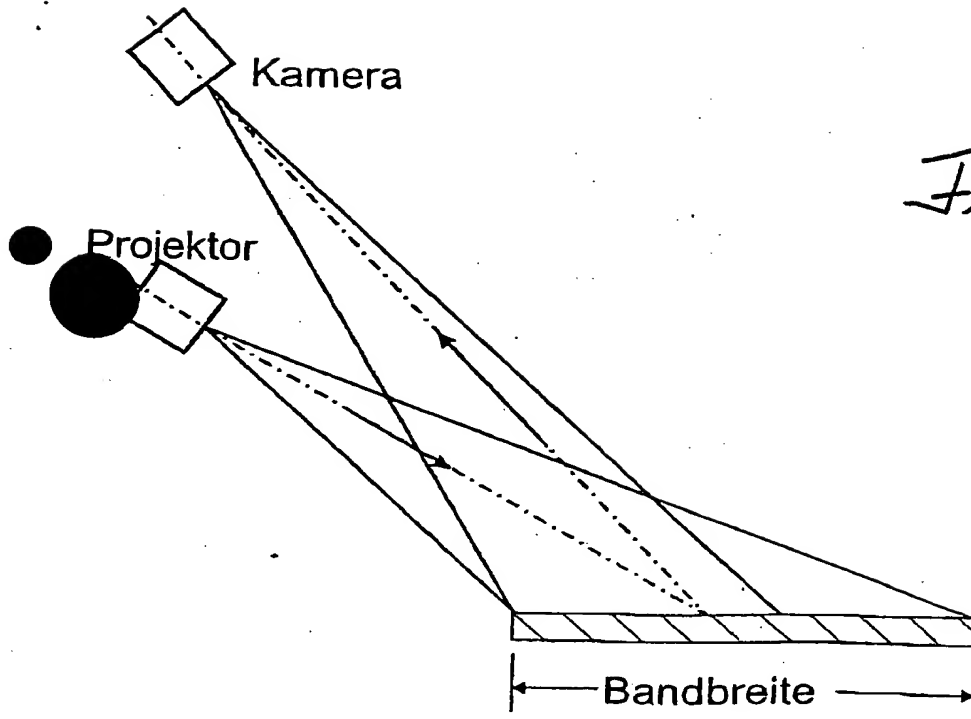


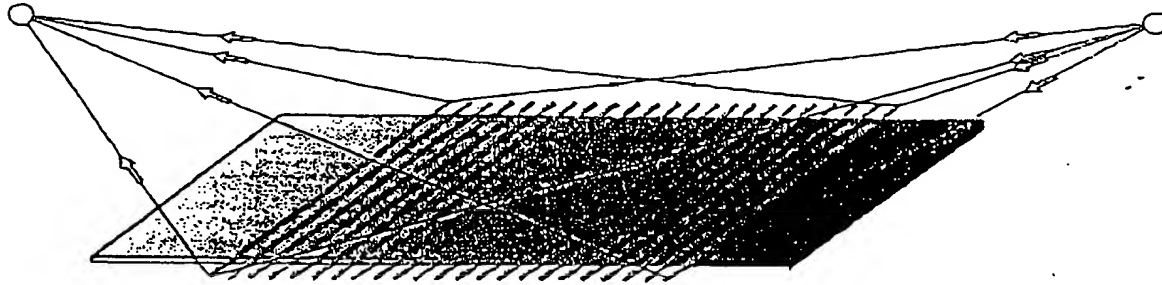
Fig. 2

Meßverfahren:

CCD-Kamera

11.05.1999

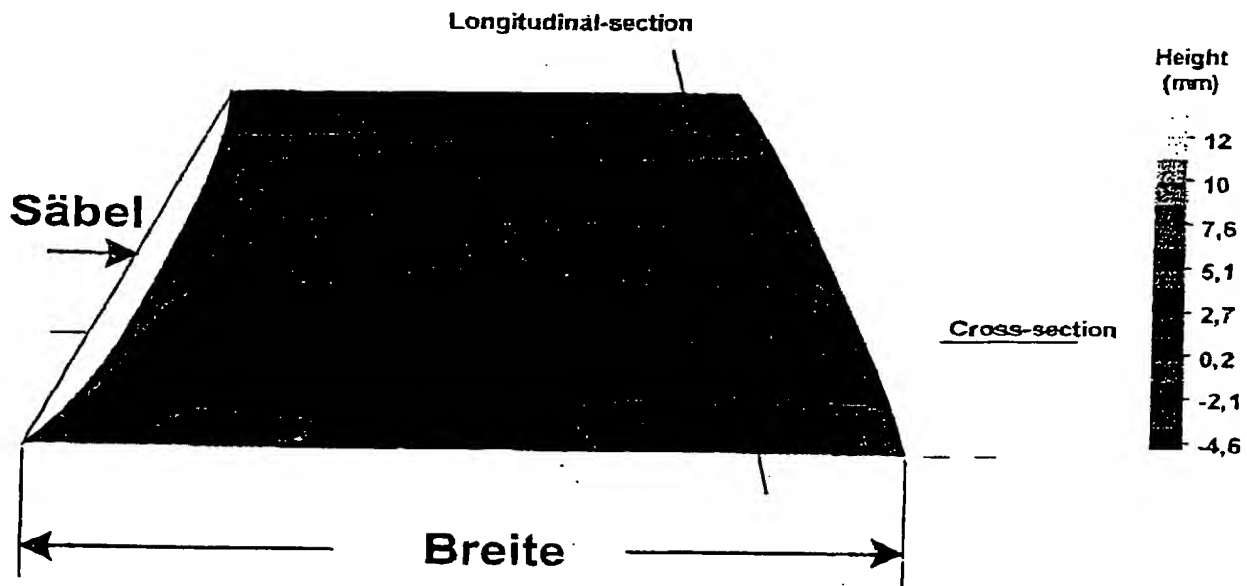
Projektor



Meßergebnis:

Fig. 3

- Höhenverteilung im gesamten Meßfeld (hier Falschfarbendarstellung)
- daraus ableitbar: Form der Bandspitze (Ski)
- ebenfalls ableitbar: Bandform in Meßebe (Breite und Säbel)



Längsschnitt an Bandspitze:

